



生物多樣性、生物技術與生物產業

徐源泰*、曾文聖**

由地球上千萬種動物、植物、微生物和它們所擁有的基因，以及由這些生物和環境所構成的生態系構成了生物多樣性。它包括了遺傳多樣性，物種多樣性、與生態系多樣性三個層次。遺傳多樣性是指存在於物種內或物種間的基因多樣性。物種的遺傳多樣性變異愈豐富，它對環境變動的適應能力就愈強，它是農、林、漁、牧品種改良的依據，也是遺傳工程的素材。物種多樣性是人類社會賴以生存和發展的基礎，也是農、林、漁、牧各種生物產業經營的主要對象，它提供了每人生活的必需物質；台灣具有豐富多樣的野生動植物、微生物、真菌類及多樣農、林、漁、牧品種資源，是個遺傳多樣性的寶庫。生態系是由生物及其所生存的環境所構成。而各種生物也依賴著生態系統以延續其生存與演化，生態系的多樣性是維持基因和物種多樣性上不可或缺的，而且生態系更為人類提供水土、養分等重要的服務。

生物多樣性之議題，現已成為全球多數國家所強調及重視，並有三分之二以上的國家，制定生物多樣性國家策略或行動計畫，以推動生物多樣性之相關工作。國內在學界大力推動下，現亦已成為政府重視與強調的優先施政工作項目。但是，在大部分的國家、地區，生物多樣性之相關工作僅有少數政府、學界及保育或專業團體參與，而未成為全民化之運動，故不易持續茁壯。部份原因在於生物多樣性與民生之息息相關性，未廣為推廣為社會知識。多數人認同生物多樣性僅是為替子孫留下

收稿日：94年1月14日。

* 台灣大學園藝系 教授

** 台灣大學園藝系 兼任助理教授



本月專題

資源的道德行為、或是學術殿堂的另一項嚴肅課題、或是國家藉此進入國際社會的踏腳石。事實上生物多樣性所帶來之經濟資源與發展潛力，遠超過所有其他工業產值；其對人類生活文明的衝擊，也是無可估量的。本文即在淺釋生物多樣性所可提供之資源、藍本，如何藉由現代生物技術的精製及放大，成就無可限量的生物產業，進而使大眾瞭解維護生物多樣性之重要。

生物多樣性之定義

人類將其周遭各層次的生命有關的生物，不管從大型的至肉眼無法觀察的微生物進行不同層次的分類。從一個小小的生態系，地景系統，甚至整個地球亦可視為一個超級生命體 (Lovelock, 1987)。人類知道地球有各式各樣的生物，且同類生物在構造與外形上，可能有著極大的差異性。人類對這些差異性加以選擇來利用，而且不斷地記錄與描述其不同，尤其是與人類生存相關的物種多樣性更是特別留意。目前世界上有記錄的物種接近 140 萬種 (Wilson, 1984)，但是若干學者的估算，認為全球的物種可能有 3,000 萬 (Erwin, 1983)。關於已經命名的生物，我們也不知道它們與人類，以及其他生物間真正的關係。許多生物在全球生態系裡所扮演的角色，我們也幾乎一無所知。所以，宣導生物多樣性的概念是我們所要努力的方向。所謂「生物多樣性」之定義為：包括所有層次，從基因、物種到生態系內的各型生命。各層次可以獨自或合併的方式，來呈現生命的整體現象。且各層次的空間範圍亦可從地方性、區域性或全球性尺度來看待。

生物多樣性與人類文明

自有人類以來，生物與人類的關係即密不可分。舉凡日常生活的食衣住行，到工商業、醫藥、能源供應等所需的原料，均需生物直接或間接的供給。因此，人類社會的發展需仰賴生物資源。從十九世紀末分析技術的進步開始，到二十世紀中葉後有機化學、分子生物領域的快速進展，人類逐漸瞭解古來相傳的生物有效成分究竟為何，甚至進一步地將



這些有效成分作為模擬藍本，以人工的方式大量合成、使用。這些成本低廉的人工化合物雖然帶給人們生活上的便利，但因抗藥性微生物的增加、合成物的副作用與新疾病的產生，使得前世紀尋得的化合物藍本已不敷需求，加以環境與保育概念的推廣，更令人們開始思考天然資源及生物多樣性的維持與永續經營。

目前人類生活中所依賴的經濟植物種類並不多，尤其在糧食作物方面。今日全球有超過 90% 的植物性糧食，僅靠約 20 種植物供應，而其中的玉米、稻米、小麥更提供了全人類 50% 以上的熱量。其實地球上估計約有 38 萬種不同種類的植物，較為植物學家熟知的多為生長於溫帶地區，其多樣性遠小於熱帶部份，其他不為人知的絕大部分則分布於具有豐富生物相的熱帶地區（全球 25 萬種維管束植物中，大約有 70% 位於亞馬遜雨林區內）。這些植物本身即為複雜的化學工廠，除了以不同型式儲藏養分外，其具有的植物鹼及二次代謝產物，種類之繁多與結構之複雜，足以讓化學家們瞠目結舌。全球的開花植物估計約有 22 萬種，但目前科學家們僅檢視過不到 5,000 種開花植物的植物鹼，且已知結構的植物鹼也不過萬餘種。如何從上千百萬的植物成分中，找出我們可以使用的？此時即需經由世代居於山林中的原住民與古民族所擁有的豐富經驗與智慧，幫助科學家們從中快速篩選出對農業或工業有巨大價值的新品種，或是有用的化學物質，以增加未來糧食的供應，提供新藥與更環保的工業材料，及作為基因工程等生物技術有用性狀的來源。

為因應日漸增加對生物多樣性與生物資源搜尋調查工作的需求，全球自然基金 (World Wide Fund for Nature)，聯合國教科文組織 (UNESCO, United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization) 及英國皇家植物園 (Royal Botanic Gardens, Kew, UK) 共同出版一本詳盡的工作與方法指導手冊 ETHNOBOTANY A Methods Manual (Martin G.J., ed., 1995, 268pp., Chapman & Hall)。哥倫比亞大學亦出版一本 Medicinal Resources of the Tropical Forest (Balick J. M., Elisabetsky, E., & Laird, S. A., eds., 1996, 440pp., Columbia University Press)，內以 National Cancer Institute, Merck, Shaman Pharm. 等主要產學



本月專題



研機構，及多個中南美與非洲國家之實例，詳列其以民族植物學、民族藥物學等方法，篩選潛力植物之實際進行過程及成果。此二書均為近年民族植物學及生物多樣性永續應用研究方法之重要參考書籍。

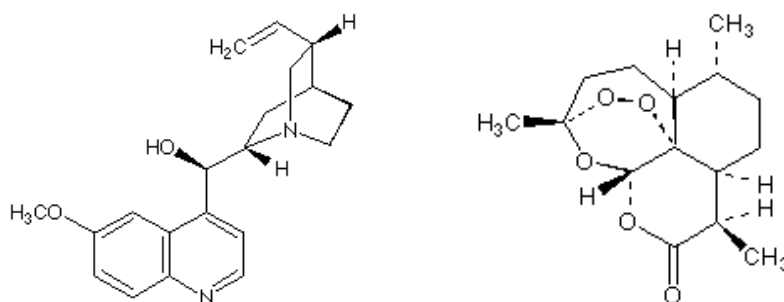
人類利用植物治療疾病的歷史相當久遠。西元前 3000 至 2700 年中國的神農氏所著的本草經記載了 365 種草藥方，西元前 1770 年的巴比倫經書 Code of Hammurabi 中亦列出許多藥用植物，希臘人 Dioscorides 則在西元前 77 年奉尼祿王之命，在地中海一帶尋訪藥用植物，並編成 De Materia Medica 醫書，詳細描述 600 餘種醫藥用植物的特性，印度、阿拉伯等各民族的傳統醫學中亦有大量使用草藥的記載，或是以口耳相傳的方式將藥方流傳至今。

十八世紀時期，歐洲的醫生幾乎等於植物學家。歐洲第一批植物園都附屬於醫療機構或學校。第一個源於植物的藥物是由罌粟 (Papaver somniferum) 提煉的嗎啡。事實上，目前西方廣泛使用的 119 種純醫學指示藥中，有 74% 是靠傳統醫藥提示而發現的 (Farnsworth, 1990)。尤其是一些相當暢銷且重要的藥物如阿斯匹靈、奎寧 (quinine)、嗎啡 (morphine)、古柯鹼 (cocaine)、來自鴉片花 (Papaver somniferum) 的可待因 (codeine)、來自毛地黃 (Digitalis ppeurpurea) 的洋地黃素 (digitalin) 等的發現，都是來自先民對植物的經驗。長春花 (有效成份 vinblastine, vincristine)、紅豆杉 (有效成份 taxol) Moreton Bay Chestnut (有效成份 castanosperine) 等近日之明星潛力抗癌、抗 HIV 藥植物，亦都因其在古民族的高知名度而受到科學界的重視。

在 16 世紀初期，安地斯山脈及亞馬遜高原土著即使用金雞納樹皮 (Cinchona officinalis) 治療高燒；17 世紀中期，由耶穌會傳教士帶回歐洲，並廣為流傳，時稱 Jesuit fever bark。但在當時，許多信奉新教的國家視此療法為異教邪說而堅拒使用。其後分析得知其有效成份為 alkaloid quinin，並成為今日合成抗瘧疾藥物的原型。80 年代後，瘧原蟲 (Plasmodium falciparum) 對合成藥物的抗藥性增加，醫界尋找新藥的迫切性也相對提高。Phillipson 等人從中國傳統治療瘧疾的植物黃花



蒿 (*Artemisia annua*) 中分離出黃花蒿素 (artemisinin), 實驗顯示其具有殺滅抗 chloroquine 之瘧原蟲 (Phillipson & Wright, 1991) 的能力, 惟其二種結構 (圖一) 完全不同, 若非民間的普遍使用, 其之被發現是遙不可及。



圖一：(A) quinin ;

(B) artemisinin

古柯 (Coca) 一詞源於居住在玻利維亞及秘魯一帶的愛瑪拉 (Aymara) 印第安民族, 在他們的文化中, 視咀嚼古柯葉為機能性食療法, 並常於葉中加入貝殼粉末或植物灰燼以增強效果。除了可治療牙痛、高山病等症狀外, 古柯並提供了安地斯地區其它作物中所缺乏的高量鐵、鈣質。一些秘魯的科學家相信, 這與該地區原住民較少發生骨質疏鬆症有關。1860 年, 德國化學家 Carl Koler 分離確認出有效成份古柯鹼, 並發現其抑制痛傳導的作用, 而可作為局部麻醉用。其後以古柯葉萃取物作為原料之飲料開始風行於歐洲上流社會, 教宗 Pope Leo XIII 還曾頒以梵蒂岡金質獎給其中一種波爾多葡萄酒 Vin Tonique Mariani (King, 1992)。目前許多人工合成的醫用麻醉物質皆以古柯鹼結構作為藍本。

十六世紀時, 亞馬遜流域土著即已使用 *Strychnos guianensis* (Pot curare) 及 *Chondrodendron tomentosum* (Tube curare), 配合其它材料, 製造箭毒作為武器。直到 1939 年, 西方醫學才鑑定其活性成份, 並確



本月專題

定其抑制肌肉神經傳導的功用。1943 年始用於麻醉。與當時慣用的深度麻醉劑乙醚、氯仿等比較起來，箭毒引起的過度鎮靜等副作用較少。醫界亦使用箭毒來緩和鬆弛因小兒痲痺、破傷風、癲癇等引起的肌肉緊繃。今日，以箭毒有效成份 d-tubocurarine 所製成的骨骼肌鬆弛劑 Intocostrin，及其它類似的合成物質，已普遍使用於一般手術房。

翼葉毛果芸香 (*Pilocarpus jaborandi*) 原產於智利北部，在 Tupi 印第安土語即為促進唾液分泌的植物 (slobber-mouth plant)，當地土著很早即使用其葉做為利尿、發汗劑，用於糖尿病及氣喘病症，並可用以治療早期青光眼，以降低眼壓。翼葉毛果芸香的葉片可分泌多種植物鹼，其中的毛果芸香鹼 (alkaloid pilocarpine)，已做為藥物 Salagen，用以治療口乾症。

近來西方人民對東方銀杏產生高度興趣。含 20 碳的 terpenes 自然界僅存於銀杏 (*Ginkgo biloba*) 的根及葉，對白血球活化因子 (platelet-activating factor, PAF) 有專一拮抗作用。PAF 被認為與潛在發炎、內分泌素、氣喘、局部貧血、過敏、移植排斥、腎臟疾病等有關；Ginkgolides 已開始在中風治療、器官保存、與熱傷害等項目上進行臨床實驗 (Braquet & Hosford, 1991)。市面上也已出現許多以銀杏成分為名的保健食品。

民族植物學家及藥學家在薩摩亞群島發現超過 86% 當地藥用植物具藥理活性，並自 *Alphitonia zzyphoides* 及 *Erythrina variegata* 發現新的抗炎藥物。楊百翰大學植物學家 Paul Cox 自西薩摩亞群島之主島 Upolu 帶回一種當地土著治療黃熱病用的植物 *Homalanthus nutans*，其後美國的 NCI 由該植物中分離出抗 HIV 病毒成份 prostratin，現正用在治療愛滋之臨床試驗 (Cox, 1993)。NCI 亦曾根據中國民間傳說自喜樹 (*Camptotheca acuminata* Dence) 分離 camptothecin 並證實能殺滅多種腫瘤細胞，惟毒性太強，但以此為藍本之衍生物如 CPT-11、topotecan 等則顯示具相當開發潛力 (Cragg & Boyd, 1996)。

利用現代生物技術，配合組合化學及自動化設備，與民族植物學或



生物多樣性研究的幫助，可容易達成快速大量之篩選，克服以往大海撈針之不易實現性。例如，美國癌症研究中心，即以此等方法，篩選 7,000 種熱帶植物中之 23,000 種成份成分中，發現至少包括來自喀麥隆的 *Ancistrocladus*、馬來西亞的 *Calophyllum lanigerum*、及西薩摩亞群島的 *Homalanthus nutans* 等三種成份能對抗 AIDS 病毒 (Stix, 1993)，並都已進入不同階段之臨床試驗。

中國大陸亦在積極找尋可能的節育藥物，一些可能的包括取自七里香 (*Murraya paniculata*) 的 yuechukene、金錢松 (*Pseudolarix kaempferi*) 內的 pseudolarix acids A and B、*Mardenia koi* 內的 mardekoside A 與梔子花 (*Gardenia jasminoides*) 的 gardenic acid 及 gardenodic acid A 可終止早期懷孕；棉花籽油中的 gossypol 以及雷公藤 (*Tripterygium wilfordii*) 的糖甘則可做為殺精子劑 (Xiao & Wang, 1991)。中國大陸長期以來即相當重視傳統中藥研究，在其 1995 年中經過科學試驗的販售藥材中，植物來源者佔 85.7%，動物性者 13.6%，礦物則僅佔 0.7%；專業本草栽培面積已超過百萬公頃 (Blumenthal, 1996)。中國國家科學院、重慶大學、昆明大學等機構，挾天時地利亦已在世界民族植物學、民族醫藥學及生物多樣性方面佔有舉足輕重地位。

目前聖約翰草 (St. John's wort, *Hypericum Perforatum*) 與 Kava (*Piper methysticum*) 是園藝學、民族植物學與醫藥學關注的焦點。這兩項本草皆有幾千年的神祕民族神話圍繞，且效用與地域、品種、栽培環境及食用部位等之不同而有極大差異。百憂解 (Prozac) 雖是目前最為廣泛使用的抗憂鬱藥，但在德國以聖約翰草 (St. John's wort) 提煉製劑做為抗憂鬱使用之年銷量為其四倍而達 9 千 2 百萬美金 (Blumenthal, 1996)。聖約翰草為金絲桃屬植物，很早即被原始民族用以治療感冒、梅毒、結核、痢疾等疾病，西元前二千年前希臘人即以其抽出物治療輕度憂鬱。美、德等科學家發現其除能有效對抗憂鬱 (Footer, 1997; Nil, 1996) 外，近來亦發現其中兩種成份 (hypericin 及 pseudohypericin) 有殺滅 retrovirus 能力，而人類愛滋病毒即為 retrovirus 一種 (Hobbs, 1996; TIME August 12, 1996)。源自南太平洋的 Kava (*Piper methysticum*)，土



本月專題



著已做為鎮靜劑使用超過三千年。近來西方科學家陸續分離鑑定出其所含兩系列活性成份，即 alpha-pyrone 與 5,6-dihydro-alpha-pyrone。German Commission E (相當於美國的 FDA) 核准之製劑以每日服用相當 60-120 mg kava pyrone (kavain) 之 kava-kava rhizome 在德國甚為暢銷 (Kilham, 1996)。

加拿大魁北克 McGill 大學 Timothy Johns 教授曾與中美洲與巴拿馬營養學會 (Institute of Nutrition for Central America and Panama)(Booth *et al.*, 1994) 共同分析 13 種瓜地馬拉偏遠地區原住民族所食用的特殊葉菜成份，其中 5 種是未曾見過的。結果發現，這些特殊葉菜能提供一般貧窮地區日常飲食所缺乏的維他命、礦物質與蛋白質，這項研究結果，對於欲改善營養缺乏及控制飲食相關疾病的中美洲地區國家而言，有相當高的價值。

番茄(*Lycopersicon esculentum*)原產於墨西哥，並為當地土著食用數百年。1581 年由麥哲倫傳入菲律賓及亞洲，並成為今日北美洲最重要蔬菜。囿於傳統認為茄科植物多數有毒加上其豔麗的顏色，早期歐洲及其後北美洲人並不敢食用。直至 1820 年，一位名叫 Robert Gibbon Johnson 人在紐澤西 Salem 郡政府前當著廣大群眾面前，吃下兩顆番茄後，才迅速改變番茄在北美洲之地位。

在古加州，至少二十個以上部落，利用野海棠等簇生草類 Deergrass (*Muhlenbergia rigens*, Poaceae) 做為編織材料，他們利用適當的火燒以維持最佳產量與採收品質，並防止灌木群入侵，這些方法對現代環境生態的管理，提供相當多借鏡之處 (Anderson, 1996)。早期，美國國家高速公路管理局 (The Federal Highway Administration, FHWA)，使用大量人力物力及財力，於全國高速公路周邊，栽植許多漂亮但不實際且不易管理之外來植物，近來也發現使用先民栽種多年或本土植物，才是維持生態、實用及管理平衡之最佳選擇(Happer-Lore, 1996)，並於 1995 年由柯林頓政府正式公告聯邦方案，要求 FHWA 須盡其可能地使用本土植物 (Federal Register, 1995, V.60, No. 154)。



生物多樣性的經濟價值

Peters 等 (1989) 曾以祕魯近 Mishana 村一公頃原始林為樣本，其內長有包含 50 屬 275 種，幹徑超過 10 cm 樹 842 棵，其中 72 種 350 棵植物產物 (水果、木材、橡膠等) 在當地市場每年有 \$422 元價值。若永續經營不計算通貨膨脹之貨幣貶值率 ($r=5\%$)，且產物保留 25% 用作次年繁殖使用，則其 NPV (Net Present Value) $=V/r$ 為 \$6,820；如一次砍完當材賣，則僅值 \$1,000 餘元，此例充分說明適當保育及有效運用原生物種，對當地人其實比砍伐森林更具經濟價值。資源經濟學家 Robert Mendelsohn 及民族植物學家 Michael Balick 亦共同對中美洲小國貝里斯 (Balize)，進行藥用植物經濟收益調查，該地區土著習慣上將整棵植株砍伐後，取樹皮等有用部位，因此計算上需導入樹木再生年數(t)，淨收益修正為 $NPV=V/(1-e^{-rt})$ ，經此計算該國 Maya 山麓海拔 350 公尺—0.25 公頃原始林區收益約為每年 \$3,327，亦較改為現代農牧區收益為高 (Balick and Mendelsohn, 1992)。近來，墨西哥政府亦利用民族植物學方法並配合地理資訊系統 (GIS)，評估該國超過兩千萬公頃之熱帶雨林區，發現至少有來自 1,024 種不同植物，可生產 1,923 種有用物質；有趣的是調查發現上述主要 (83%) 用途均非來自木材部份。這些例子均打破一般以為熱帶森林的主要用途就是生產木材的觀念 (Toledo *et al.*, 1992)。

早期西方世界並不相信或甚至排斥原始部落所使用之植物 (如上述金雞納樹皮及番茄之例)。但近來，植物本草在西方世界國家卻日受歡迎，據 Nutrition Business Journal 計算在 1995 年即已達 23 億美金，且每年以 18% 成長 (McCue, 1997)；Genetic Engineering News (April 15, 1997) 則報告 1996 年全球銷售值已超過 140 億美金。至 1997 年時，僅美國一地消費主要來自植物的保健補品就已達 120 億美元。其中 Echinacea (菊科球菊屬，有稱紫錐花或紫矢車草，經由利用活性複雜多糖 echinacin B 抑制玻璃酸酵素 hyaluronidase 達到抑菌及癒傷等活化



本月專題

免疫系統目的，並可治療因細菌及濾過性病毒感染之疾病，減輕發炎狀況及幫助傷口復原，Pugliese, 1997)，大蒜、人蔘、銀杏、白毛茛 (*Hydrastis canadensis*) 分佔前五位。其中，德國是西方世界中承認本草產品之最積極國家，單是銀杏一項在 1995 年之銷量即已達 7 億 2 千萬美金 (Blumenthal, 1996)。

在美國在 1990 年全年開出之處方藥中，活性成份有 25% (即 155 億美元) 來自植物 (Principe, 1991)。據 Pearce & Moran (1994) 計算，約每一千至每一萬種植物，即有一種可能成功發展藥用成份。因此每當每年有六萬種植物消失時，也意味著將損失 30 種可能發展的藥物；如以 1990 年每種藥物平均市值 3 億 9 千萬美元計算，這種生物多樣性的消失，即約相當於每年損失 117 億美元。當然，Pearce & Moran 的計算，可能過於高估且並非每種新藥都有相同市場價值，但彼等研究確實啟發許多國家，因受潛在之巨大價值吸引，而更積極地對待生物多樣性之課題。

生物技術在生物多樣性之應用

西元 1789 年馬爾薩斯曾預期因人口呈幾何級數增加，而糧食則為算數級數增加，所以將會發生飢饉、貧窮、疾病、死亡與社會的解體。事實上，經遺傳育種家的不斷努力，許多改良品種的出現使得馬爾薩斯的預言並未成真。60 年代的綠色革命以雜交育種的方式成功地育出奇蹟麥、奇蹟米與之後遺傳組成較無變異的相關品系，並全面推廣取代遺傳變異性較高的原有野生品種。單一作物品種的大量栽培與機械化作業方式雖有高產、方便等優點，卻也降低了族群變異性，而面臨其他的風險，尤其以病蟲害侵襲為最。往往造成農作物生長受阻、產量與收穫品質下降，農民的收益減少。因此，種植這些遺傳背景相近的品種時，需要大量農藥與肥料的配合使用。這些輔助工具除了使成本提高以外，也容易污染地下水與周圍環境，更提高了微生物的演化速度，使具有抗藥性的病蟲害一再出現。如今科學家已意識到，唯有保持植物基因來源的高歧異度，才能作為育種改良的基礎，而其他未經利用的非經濟植物也



具有成為新主食或食品的潛力，極具開發價值。而且，由於分子生物學的突飛猛進，現代作物育種家已可海闊天空而不僅再侷限於自目標作物近親中找尋優良品型基因。

以分子生物為基礎而興盛之現代生物技術，除造就生命科學之輝煌發展外，亦在許多其他學門領域，如考古、演化、文化、宗教、人類、歷史、材料、犯罪等方面，有著驚人的應用與突破。在生物多樣性方面之應用，則至少有下列幾個方向：

1. 鑑定及分類

正確快速的分類，是生物多樣性工作之基礎。早期物種的分類主要依形態外觀、及生化代謝相似性為依據，經常未能符合遺傳上之意義。近來由於分子生物學的快速發展，許多以核酸及蛋白質為目標的分類方法，已經發展成熟。在應用上，分子分類法，不但快速且正確性高。依照目前分子分類法之證據，許多傳統上混淆或忽略的新物種，重新獲得他們在生物多樣性上的地位。其中尤以微生物的重新歸類，包括原始菌類 (Archaea) 等的地位，最具代表性。傳統上，林奈式分類法將生物分為五界，但在藉由大規模檢視分析 rRNA 之核酸序列，現今許多主流分類學家，開始逐漸接受將生物分為 Three Domains (Bacteria, Archaea, Eucarya) 之觀念 (如圖)。在高等生命方面，新的分子分類法亦顯示如蓮與睡蓮其實相距甚遠，而番木瓜較接近十字花科而非傳統上之西番蓮科等 (<http://www.rbgekew.org.uk/index.html>)。分子分類法所歸納出之分子時鐘理論，對於物種演化理論，有相當大之貢獻。

2. 減少棲地開發

藉由遺傳工程方法，賦予作物抗蟲、抗病、抗藥性狀及改變成份，以增加作物產量及營養成份，可減少或維持現有耕作面積，以供應增加中之人口，而避免熱帶雨林或生物棲地的過度開發。據聯合國糧農組織 (FAO) 的計算，如果作物栽培在 1992 年時，仍使用 1961 年時之品種，則印度與中國分別需要增加二倍及三倍之耕地面積，方足敷其人口增加



本月專題



之需求。但由於作物品種的高度改良，印度不但在人口增加兩倍後，還反從糧食供應缺乏成為今日之糧食出口國。但即便如此，聯合國糧農組織認為在 2000 年時，全球仍將有 64 個國家面臨糧食不足之問題，除非大幅利用生物技術，改良作物抗病抗蟲等能力。因此，雖然轉基因動植物有許多安全與生態之爭議，世界主要國家與組織仍不得不面對其必需性趨勢。然而，自綠色革命後，全球作物種類集中於少數品系，為適應各種不同區域之天候條件，於是許多改變區域天候及生態的化學藥劑被大量使用，使特定作物種類能夠生長。生物技術的另項價值，即在微調作物品種之生理性狀、或開發新適地作物，已減少改變環境之手段所帶來的生態衝擊。例如，為達到耕地面積不增加的目的，可以採用增加年栽植次數來達成，如水稻的冬季栽培。在以往，需要長時間的育種選拔耐寒品種來種植冬水稻且可能會喪失部份優良稻米品質。目前則由於生物技術的進步，幾乎已克服傳統雜交種間不親和性的障礙，故可直接到北大荒尋找耐寒品系或抗凍蛋白質基因，配合蛋白質工程技術，降低水稻種子內澱粉分解酵素（發芽速率之關鍵影響者）之最適作用溫度，共同轉型回優良品系水稻即可達成。自 1994 年，第一株遺傳工程改造以增加採收後貯存時間的番茄（Flavor Savor）上市後，目前已有超過百種以上遺傳工程改良之作物商品化，且幾乎包括所有大宗糧食或經濟作物，包括稻、麥、玉米、黃豆、油菜、棉花等（最新資料可參閱：<http://www.bio.org/whatis/foodwelcome.html>）。

3. 物種保育

多物種由於環境與棲地的破壞，正瀕臨絕滅。生物技術的許多基礎技術如，遺傳工程、重組 DNA、細胞融合、組織培養、複製技術等，都可用於瀕臨絕滅物種之保育並有許多成功的例子。對某些難以復育之物種而言，生物技術亦至少可以保存其基因特質以供將來使用。尤有甚者，生物技術科學家們目前亦試圖自化石、琥珀中，重建已滅絕之物種。生物產業在開發生物多樣性材料時，亦可間接回饋物種保育之工作。例如，近來相當熱門之紅豆杉醇（已被證實可治療肺癌、乳癌等），其原



始來源太平洋紫杉 (Pacific Yew, *Taxus brevifolia*)，不但稀少且生長極為緩慢，做為提煉藥物之來源不但緩不濟急且會危害此瀕臨絕種之物種。以現代技術而言，在了解其結構後，化學合成已非難事，但更有效的即為利用生物技術，如以組織培養遺傳工程改造後之組織細胞來大量生產。此舉，亦間接幫助太平洋紫杉之復育。

展望

近年來許多先進國家挾其雄厚的科技與經濟實力，組成許多團隊到第三世界大規模尋找新用途植物，並經常盜取當地先民之智慧而專利其發現，這使得國家與種族間貧富差距與摩擦紛爭日益擴大。因此有識之士早在第一屆國際民族生物學會議即發表貝侖 (巴西北部 Para 省之一城市) 宣言 (Declaration of Belem)，約束民族植物學之行為並規範國家間共同開發植物新用途時之道德及經濟與智慧財產權等分配原則。其後，聯合國糧農組織等並擴大規範到所有外國植物種源之蒐集工作 (FAO, 1991; NGRL, 1990)。聯合國教科文組織 (UNESCO) 亦協助亞洲國家制定馬尼拉宣言 (The Manila Declaration) 規範及保護該區域原生資源 (Anon, 1992)。全球生物多樣性組織 (Convention of Biological Diversity)，更是積極規範各當地國對其生物資源之主權保障。其中，美國 Merck 公司與哥斯達黎加生物多樣性中心 (Institute of Biodiversity in Costa Rica, INBio)，所簽訂之互利條例；及美國 Diversa 公司，與黃石公園管理局訂定所謂 Bioprospecting Agreement (<http://www.diversa.com/>)，漸為許多國家與企業所依循 (Reid *et al.*, 1996; Stix, 1993)。其等主要内容為，先進國家或企業提供經費與技術支援，協助發展中國家或保育單位維護及利用生物多樣性，且若有商品因而產出，物種原始提供國可獲得一定比例之權利金。

大黃石公園區，面積約一千萬公頃，包括兩個國家公園、四個野生動物保護區及六個國家森林，計有至少 25 個聯邦或州政府單位共同管理。其區域內據估計約有 10,000 個以上溫泉、間歇泉、火山噴氣區、及沸沼澤等地熱區。其地熱數量約佔全球 80%，全區內並包含地球上



本月專題

60%以上地理棲地系統。在這些地熱等極域棲地內，棲息為數甚多之嗜極域環境之原始菌類(Archaea)，尤其是嗜熱菌 (thermophilus)。熟悉現代生物技術的人，都承認 PCR 的關鍵及重要性。而 PCR 可運作的關鍵因子之一，即在耐熱性甚高的 Taq DNA polymerase 的供應。Taq DNA polymerase 最早即是來自黃石公園熱溫泉中微生物所分離出的，現今每年該酵素與 PCR 相關周邊市場供應值已達十數億元。

在生物多樣性之保育及利用研究時，微生物遺傳資源是經常被忽略的族群。事實上，微生物之多樣性，是維持地球生態平衡最主要之貢獻者。除在自然界中扮演分解者之重要角色外，亦為人類文明提供重要幫助，如各類工業原料、溶劑、酵素、抗生素、生物農藥、醫藥品、發酵產物、採礦、元素循環、去除污染等等。但我們目前僅對地球上可能存在的 300 萬種微生物，了解不到 0.5%的物種 (Systematics Agenda 2000, 1994)。(微生物可能存在的種類推估差距極大，且可能永遠無法估算。舉例而言，一般相信至少 20%以上的昆蟲，其腸道系或體內均可分離出多種單一宿主之絕對寄生微生物，因此，在昆蟲種類數目未清楚前，所有微生物種類之估算皆可能低估)。更危險的是一般人甚至包括少數生物多樣性的工作者，總認為微生物無所不在，無所謂保育問題。

事實上，微生物物種確亦會絕滅，例如，當印度的某 *Diospyros* 屬樹消失時，生活於其上的 *Penicillium clavariaeformis* 亦跟著絕滅，生長於原生咖啡樹上之 *Cookeina tricholoma* 亦同 (Bull, 1991)。在生物多樣性研究方面，相對上，因為體型微小不易觀察，因此微生物比高等生命如動植物等，在分類上困難許多。而且，依據傳統分類法則或微生物通用之 DNA similarity > 70% 之原則，皆須先培養並篩選純系微生物，再比較其分類特性。但以目前技術，據估算僅約少於 0.3% 來自土壤 0.25% 來自淡水、及 0.001% 來自海水中的微生物，可被人為模擬環境與培養基成功培養 (Amann *et al.*, 1995)。因此，利用分子生物為基礎，不需純系培養樣本中微生物，而藉由核酸分子探針直接偵測樣本之分子分類法，現已成為相當受重視之關鍵技術。分子分類及鑑定，除可直接貢獻於生物多樣性之記錄與維持外，並對許多工業應用或基礎研究帶來新觀



念與助益。例如，隨著生活品質要求的提高，目前廢水處理多已要求做到，技術上較難及較不成熟之氮磷去除之三級處理程序。國外常用之除磷程序為 enhanced biological phosphate removal (EBPR)，實施時，廢水先經過初期厭氧處理再接續一好氧程序。其活性汙泥微生物相方面，自從 Fuhs & Chen (1975) 提出，*Acinetbacter* spp. 可能為除磷之主要貢獻者後，許多研究都以此類屬細菌為主，探討生物除磷機轉，並盼藉由改進 EBPR 效率。

但是，後來許多進一步研究發現，實驗室中純系培養之 *Acinetbacter* spp. 並無扮演顯著絕對除磷效果之主要貢獻者，但礙於無適當方法直接偵測活性汙泥中之微生物相，而使得許多改善研究無法繼續進行，直到最近開始發展 non-culture-dependent molecular approach 漸趨成熟。利用螢光染色核酸探針 (DNA fluorochrome 4',6-diamidino-2-phenylindole, DAPI Hybridization with probe EUB338 specific for Bacteria and beta-subclass Proteobacteria) 方法直接與活性汙泥樣本做核酸雜交 (hybridization)，顯示其中主要生物種類，仍以細菌為主。這項發現與傳統上認為細菌在生物膜上所佔比例偏低之認知，明顯不同。顯然，傳統上利用培養基培養活性汙泥並據以計算菌落形成單位 (Colony Forming Unit, CFU) 之菌數計量法，因所使用之培養基成份無法反應活性汙泥中真實狀況，而低估細菌所佔比重。另一方面，傳統上從菌落形成單位推算，細菌中 *Acinetbacter* 屬之菌群，約佔 30-60%。但若以直接細胞核酸雜交探針反應，則顯示此群菌僅佔約 1-10%，傳統方法則明顯高估。進一步分析，則發現主要除磷貢獻者之微生物群，為 beta-subclass 中之 *Rhodocyclus* 群，其次為 alpha-subclass 中之 *planctomycete* 群及 *Flexibacter-Cytophaga-Bacteroids* 群 (Wagner et al., 1993; 1994)。

台灣高溫多濕，海拔距差大，具多型氣候特徵，故生物相當豐富且茂盛。據台灣省特有生物研究保育中心調查，台灣自生的高等維管束植物約有 4,200 餘種，其中特有種約 1,100 種，佔約高近三成；被子植物約有 3,600 種(含亞種和變種)，密度為每平方公里 0.111 種，較菲律賓的 0.021 種及日本的 0.014 種都高。又，台灣四面環海，且南北均有大型



本月專題



珊瑚礁（海洋中之熱帶雨林），陸地生態又具多樣性，因此亦具有相當豐富之海洋動物與微生物之生物歧異度。故如能整合相關學門領域，重視並發展生物多樣性之研究並加以現代科學方法，配合中國人的本草智慧及台灣先民的經驗，應對國內起飛中的生物產業有相當助益，並可做為我們進入世界舞台的重要依據。